

# Uso de un acoplador dual-direccional para la medida de antenas

Por Tomy Lymer



Artículo de Tomy Lymer de TTI - Satori Technology Ltd cedido por Setup Electrónica SL

*El uso de dispositivos inalámbricos es usual en muchas industrias y hogares en los últimos años. Bluetooth™ conectado a periféricos del ordenador, teléfonos móviles, wireless LAN inalámbricas, ... todos dependen de una antena para poder conectarse. Muchas veces la antena esta dentro del dispositivo y se hace invisible, pero si se usa una antena externa, es necesario un cable para conectar al equipo. Ambos antena y cable están expuestos a daños. Esto es particularmente cierto si parte del sistema está ubicado en el exterior. Encontrar fallos en estos casos es especialmente difícil, debido a que las pérdidas del cable varían con la frecuencia. Puede estar perfectamente conectado cuando testeamos con un multímetro, pero continua dando grandes pérdidas cuando transmitimos a frecuencias de Gigahercios. La medida de la antena y pérdidas del cable son parte de la respuesta. Este artículo explica las relaciones y como se mide con un acoplador dual-direccional.*

Table 1. Conversion from  $\rho$  or  $|\Gamma|$  to VSWR and return loss

$ \Gamma $	VSWR	Return Loss (dB)
0	1.00	$-\infty$
0.05	1.11	-26.02
0.1	1.22	-20.00
0.15	1.35	-16.48
0.2	1.50	-13.98
0.25	1.67	-12.04
0.3	1.86	-10.46
0.35	2.08	-9.12
0.4	2.33	-7.96
0.45	2.64	-6.94
0.5	3.00	-6.02
0.55	3.44	-5.19
0.6	4.00	-4.44
0.65	4.71	-3.74
0.7	5.67	-3.10
0.75	7.00	-2.50
0.8	9.00	-1.94
0.85	12.33	-1.41
0.9	19.00	-0.92
0.95	39.00	-0.45
1	$\infty$	0.00

resta de las potencias de las ondas directa y reflejada, menos cualquier pérdida en la antena. Por lo tanto es lógico reducir la potencia reflejada al mínimo.

Pérdida de retorno, VSWR (voltage standing wave ratio) o VRC (voltage reflection coefficient) son los términos usados para describir la calidad de la adaptación de impedancia de la carga a la línea de transmisión, y son usados indistintamente. La conversión entre ellas es directa y esta ilustrada en la Tabla. Las tres expresiones son

de uso habitual, pero la Pérdida de Retorno es la más simple para medir directamente con un acoplador direccional. Aunque la mejor medida se haría con un analizador vectorial calibrado, la pérdida de retorno se mide más fácilmente, aunque con menor precisión, con dos sensores de potencia y un acoplador direccional, y el valor simplemente convertirlo a VRC o VSWR. Si se requiere precisión, no es un buen método por que la pérdida de retorno de una antena raramente es mejor de 10dB. Esto también tiende a variar con el movimiento causado por el viento y otros fenómenos meteorológicos.

## Voltage Reflection Coefficient Magnitude

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Aquí la impedancia esta en Ohmios y son  $Z_L$  impedancia de la carga, y  $Z_0$  la impedancia característica de la línea de transmisión.

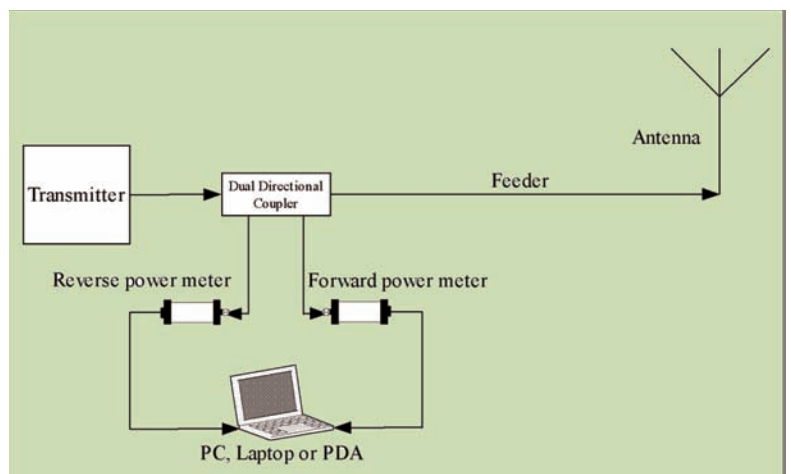
La magnitud del coeficiente de reflexión es algo más sencillo y barato de medir con un par de medidores de potencia midiendo la salida de un acoplador direccional (figura 1). El coeficiente de reflexión,  $|\Gamma|$  o  $\rho$ , es la relación de la amplitud de la señal reflejada y la amplitud de la señal incidente en la unión de la línea de



## Why is Matching important?

El voltaje en cualquier punto de una línea de transmisión de RF es la suma de dos ondas viajando en direcciones opuestas. Una es la directa que circula desde la fuente a la carga, y la otra es la reflejada que desde la carga regresa a la fuente. La relación de las dos amplitudes de las ondas es conocida como el coeficiente de reflexión de tensión (Voltage Reflection Coefficient, VRC), y es un indicador de la calidad de la adaptación de la carga a la línea de transmisión. La potencia radiada por la antena es la

Figura 1. Medida del SWR del alimentador y antena usando un acoplador direccional dual.



transmisión y impedancia de adaptación.  $|\Gamma|$  tiene un valor entre 0 y 1. Un  $|\Gamma|$  de 0 significa que la línea esta perfectamente adaptada, y un valor de 1 significa que la línea esta cortocircuitada o cortada.

### Pérdida de Retorno

$|\Gamma|$  puede ser expresado de varias maneras. Muchas veces la pérdida de retorno,  $R_L$ , se calcula como la magnitud del coeficiente de reflexión expresado en dB.

$$RL = 20\log_{10} |\Gamma| \text{ dB.}$$

Aquí un valor de 0 dB en la pérdida de retorno, significa que la línea esta cortada o cortocircuitada, y un valor de  $-\infty$  dB significa que la línea esta perfectamente adaptada. Es útil para poder conectar un corto o circuito abierto en el lugar y esto permite la medida de niveles de referencia y medidas calibradas.

### Relación onda tensión permanente (VSWR)

Una alternativa para expresar  $|\Gamma|$  es utilizar VSWR o SWR. Cuando la línea de transmisión no esta perfectamente adaptada, se crean ondas. El VSWR es la relación entre el máximo voltaje de RF en la línea de transmisión y el mínimo voltaje. Medidas de VSWR pueden ser echas directamente sobre guía-ondas, moviendo la sonda y voltímetro de RF. Sin embargo, esto es raro hoy día. El VSWR se calcula fácilmente partiendo de  $|\Gamma|$  como sigue:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Una tabla de conversión entre  $|\Gamma|$ ,  $R_L$ , y VSWR se muestra en la Tabla 1

### Equipamiento Requerido

La técnica habitual es conectar dos medidores de potencia a un acoplador direccional dual. Así la potencia reflejada se divide por la potencia incidente para dar  $|\Gamma|^2$ . Por otro camino el VRC puede ser medido como:

$|\Gamma|^2 = P_r / P_f$  donde  $P_r$  es la potencia reflejada, y  $P_f$  es la potencia incidente, ambas medidas en Watts.

Idealmente, el transmisor debería proporcionar una señal de salida senoidal continua, suele llamarse señal portadora o CW. Sin embargo, se puede hacer medidas útiles con transmisiones moduladas, o con señales pulsadas, especialmente si ciclo de trabajo es conocido.

La gama de acopladores duales direccionales va desde frecuencias de audio a ópticas. En general, tienen un rango de frecuencia limitado, aunque pueden cubrir gran parte del espectro. Por ejemplo, el modelo usado para estas medidas es un amplificador DC3010. Este cubre cinco décadas desde 1 KHz a 1GHz. El número clave aquí es el factor de acoplamiento, que es de 40dB. Este implica que si la potencia nominal de 100 watts (o 50 dBm) está presente en la línea principal, entonces 10 dBm seran acoplados. +10 dBm es compatible con muchos medidores de potencia y sensores y es un nivel razonable de potencia a menos que cause daños permanentes. Si el nivel de potencia acoplado al medidor excede +23 dBm, entonces debemos tener cuidado y comprobar que el medidor y sensor pueden aceptar esta potencia. Sin embargo, puede utilizarse niveles de potencia menores, siempre y cuando la potencia exceda el nivel mínimo del medidor de potencia meter por encima de 10 dB. Las potencias más pequeñas son las reflejadas. Calibrar a cero el medidor de potencia es importante si la potencia de las reflejadas esta próxima el nivel mínimo del medidor de potencia.

Figura 1 muestra un sistema típico de antena con el acoplador direccional dual conectado entre la fuente y la antena. El sistema consiste en un transmisor o transmisor/receptor o generador de señal, el cual es necesario para generar un tipo de señal a la frecuencia de interés; un alimentador el cual es probablemente un cable coaxial; un acoplador direccional dual que trabaja con las mismas características de impedancia que el alimentador, y finalmente, la antena. Hay dos posibles posiciones para medir en este sistema.

La figura 2 muestra un sistema similar donde el acoplador a sido puesto próximo a la antena. La diferencia entre los dos sistemas es que la medida de pérdida de retorno de la antena, en el segundo sistema, es independiente de los cambios en la perdida del alimentador, que afectaría a las medidas según el sistema 1. El plano de medida para este sistema es la unión entre la antena y el acoplador direccional dual. Si las medidas son echas en ambas posiciones, la pérdida del alimentador puede ser calculada como el cambio en la potencia. Si solamente podemos elegir una posición, entonces la más indicada para la detección de las potencias incidente y reflejada es directamente como muestra la Figura 2, por que las pérdidas del alimentador pueden ser detectadas al medir la potencia incidente, y no afecta a la medida de VRC. Sin embargo, hay circunstancias donde se debe aplicar el sistema de la figura 1, por ser más practico, ya que muchas veces la antena esta en lugares de difícil acceso.

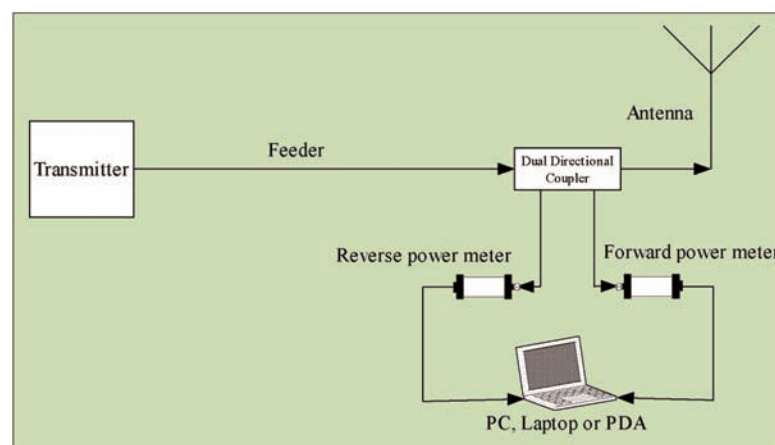


Figura 2. Medida del SWR de la antena, sola, usando un acoplador direccional dual.

Cambiando la carga del transmisor podemos alterar la potencia incidente, en muchos transmisores existen sistemas de protección para elevado VSWR. Si una antena con elevado VSWR es conectada, la potencia incidente debe ser reducida para proteger la salida de dispositivos en el transmisor. Esto significa que la relación entre potencia incidente y reflejada debe ser usada para calcular el VRC de la antena, y no solo la potencia reflejada, sino asumiendo que la potencia incidente fue constante durante todo el proceso.

Permitir al transmisor operar con muy alto VSWR puede también ser muy peligroso así como anormalmente altos voltajes pueden fácilmente generarse y esto no puede ser recomendable ya que puede causar daños al transmisor o alimentador. Por lo tanto, es necesario insertar un atenuador en la salida del transmisor

para asegurar que el transmisor está protegido en el caso de una antena defectuosa, por ejemplo durante la instalación de la antena. Un valor de 6dB aproximadamente debería ser suficiente para prevenir cualquier daño, y el atenuador ha de ser capaz de disipar la potencia nominal del transmisor. Las medidas de pérdida de retorno en la antena no requieren, normalmente, equipamiento con mucha precisión por que la antena por sí misma.

### **Rendimiento esperado de una antena**

Existe una gran cantidad de variación en las pérdidas de retorno de las antenas, y sería muy difícil establecer directrices claras de lo que es un "fallo". Muchas antenas tienen coeficientes de reflexión alrededor de 0.5 (pérdida de retorno de 6 dB) cuando operan normalmente. Al-

guna vez, un rango de frecuencia estrecho puede dar un buen rendimiento. Es quizás más importante entender que ocurre si la pérdida de retorno mejora con el tiempo, como esto puede ser causado por pérdidas excesivas en el alimentador, quizás causada por entrada de agua.

Hay muchos fallos comunes en las antenas. Incluimos conectores dañados, cables deformados o dañados y daños mecánicos en la antena. Resumiendo cualquier cambio en los elementos implica un cambio en la frecuencia de resonancia del sistema y normalmente empeorará el rendimiento. Si una antena direccional, como una parabólica, se daña, cambiando la dirección de los ejes, dará menos ganancia en la dirección deseada, pero puede tener un buen SWR. Solamente un test del nivel de señal, usando un medidor de nivel o analizador de espectros, indicará el problema.